**ANALISA WAKTU PENGGANTIAN *BUCKET* PADA *BUCKET ELEVATOR* M2202 MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY* DI PT. PETROKIMIA GRESIK**

**Caesario Zakaria Achmad**

D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: caesarioachmad16050423005@mhs.unesa.ac.id

**Firman Yasa Utama**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas negeri Surabaya

 Email: firmanutama@unesa.ac.id

**Abstrak**

PT. Petrokimia Gresik merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi pupuk. Salah satu mesin produksi pupuk adalah *Bucket Elevator* M2202 yang berada di pabrik asam fosfat, fungsi dari mesin ini sendiri adalah pembawa batu fosfat yang tidak lolos *screen* untuk di proses ke bagian selanjutnya. Pada mesin ini sering terjadi kerusakan terutama pada komponen *bucket*, sehingga mesin tersebut merupakan salah satu *critical equipment* yang ada pabrik asam fosfat. Kerusakan yang terjadi menyebabkan terhentinya proses produksi karena perawatan bersifat *corrective* yaitu dengan penggantian *bucket*. Penggantian yang terlalu sering mengakibatkan terganggunya proses produksi sehingga biaya perawatan juga tinggi. Maka perlu adanya metode untuk mengetahui waktu penggantian komponen *bucket* dengan *reliability*, dimana probabilitas kinerja suatu sistem sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu. Tujuan penelitian ini adalah menentukan model waktu dan biaya penggantian komponen *bucket*.

Jenis penelitian ini deskriptif kuantitatif dimana pengambilan data menggunakan teknik observasi serta dukungan data dari arsip atau dokumen perusahaan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *age replacement*.

Dari hasil penelitian yang dilakukan di PT. Petrokimia Gresik didapatkan waktu penggantian 173 hari (4.152 jam) dan biaya penggantian Rp. 750.300 dengan nilai keandalan sebesar 0,750, terjadi penurunan *downtime* sebanyak 0,34 jam atau terjadi penurunan *downtime* sebesar 25,7 %. dan penghematan biaya sebesar 75,61 %.

Kata Kunci: *Bucket Elevator* M2202, *Reliability*, Biaya Penggantian, *Age replacement*, *Downtime*.

**Abstract**

PT. Petrokimia Gresik is a company engaged in fertilizer production. One of the fertilizer production machines is M2202 Bucket Elevator which is in the phosphoric acid plant, the function of this machine is that the phosphate rock carrier does not pass the screen to be processed in the next section. In this machine there is damage, especially in the bucket component, so that the machine is one of the critical equipment that has a phosphoric acid plant. Damage that occurs causes the cessation of the production process because the treatment is corrective, namely with bucket replacement. Changes that are too frequent result in disruption of the production process so that maintenance costs are also high. Then it is necessary to have a method to determine the replacement time of bucket components with reliability, where the probability of the performance of a system in accordance with the functions needed in a certain period of time. The purpose of this study is to determine the time model and cost of replacing bucket components.

This type of research is descriptive quantitative where data collection uses observation techniques and data support from company archives / documents. The method used in this study uses the age replacement method.

From the results of research conducted at PT. Petrokimia Gresik found replacement time of 173 days (4,152 hours) and replacement costs of Rp. 750,300 with a reliability value of 0.750, a decrease in downtime of 0.34 hours or a decrease in downtime of 25.7%. and cost savings of 75.61%

Keywords: Bucket Elevator M2202, Reliability, Replacement cost, Age replacement, Downtime.

**PENDAHULUAN**

Dalam bidang industri, mesin merupakan salah satu bagian penting yang menunjang keberlangsungan proses produksi. Adanya kendala pada mesin dapat menyebabkan terganggunya proses produksi dan rencana produksi yang telah ditetapkan. Kerusakan mesin dapat diminimalisir dengan perencanaan, pemeliharaan dan perawatan yang baik. Perencanaan yang baik akan mampu menjaga mesin atau fasilitas lainnya sehingga membuat mesin dalam keadaan siap pakai saat diperlukan. Jika mesin tidak dirawat, maka akan mengalami kerusakan yang lebih parah sehingga memerlukan biaya yang tidak sedikit untuk memperbaikinya ditambah lagi kerugian akibat terhentinya proses produksi saat perbaikan. Perawatan mesin yang dapat dilakukan, meliputi *preventive maintenance, corrective maintenance, dan breakdown maintenance*.

PT. Petrokimia Gresik merupakan salah satu perusahaan kimia yang bergerak dalam bidang produksi pupuk. Pada PT. Petrokimia Gresik terdapat beberapa pabrik produksi salah satunya adalah pabrik III. Pabrik ini merupakan pabrik yang memproduksi asam fosfat, dimana pada proses produksi asam fosfat berlangsung 4 tahapan, yakni proses *Grinding Unit, Reaction Unit & Calcium sulfate(I)Hemihydrate, Hydration Unit(II)Dihydrate, Concentration Unit*.

Di unit *grinding* merupakan proses awal dari pengolahan asam fosfat berupa penghalusan *phospat rock* sebelum masuk ke unit reaksi dan konsentrasi. Pada tahap ini batu fosfat dari pabrik akan di*grinding* untuk mendapatkan ukuran tertentu sehingga siap untuk direaksikan.

Pada mulanya batu fosfat dibawa menggunakan *belt conveyor* M7113 dari pabrik menuju ke unit *grinding*. Batu fosfat yang dibawa oleh M7113 kemudian akan dimasukkan ke tangki D 2201 A/B untuk kemudian disaring menggunakan *screen* F2202 A/B. Dari hasil penyaringan akan didapatkan dua jenis hasil yaitu *under size rock* dan juga *over size rock*. Untuk hasil berupa *over size rock* akan langsung dibawa oleh *conveyor* M2201 menuju *bucket elevator* M2202 untuk diproses kembali agar mendapatkan ukuran yang sesuai.

*Over size rock* dari *screen* F2202 A/B akan dibawa oleh *conveyor* M2201 menuju *bucket elevator* M2202 untuk selanjutnya dihaluskan di *ball mill* Q2204. Hasil penghalusan *ball mill* Q2204 akan dibawa oleh *conveyor* M2203 untuk diteruskan ke *bucket elevator* M2205. Sisa olahan *ball mill* Q2204 berupa debu juga akan dihisap masuk ke filter F2201 untuk kemudian diteruskan ke *conveyor* M2204 dan menuju ke *bucket elevator* M2205.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat dilihat bahwa *bucket elevator* M2202 merupakan alat pembawa *over size rock* dari *screen*. Hal tersebut yang membuat *bucket elevator* M2202 menjadi salah satu *critical equipment* di unit *grinding* dan juga *critical equipment* di dalam pabrik asam fosfat ini.

Dalam operasionalnya PT. Petrokimia Gresik sering mendapatkan kendala ketika produksi, terutama di unit *grinding*. Hal ini dikarenakan adanya perbaikan maupun penggantian komponen akibat terjadinya kerusakan pada komponen mesin yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Penggantian komponen yang bersifat *corrective* mengakibatkan terhentinya proses produksi secara mendadak sehingga dapat menambah biaya pengeluaran berupa kerugian dari kesempatan produksi yang hilang. Salah satu komponen yang sering diganti pada unit ini adalah *bucket* pada *bucket elevator* M2202. Bagian ini berfungsi sebagai pembawa batu fosfat yang tidak lolos *screen* untuk dibawa ke *ballmill*. Penggantian *bucket* pada unit ini biasanya dilakukan ketika terjadi kerusakan maupun ketika terjadi pemberhentian proses produksi. Proses penggantian berlangsung mulai dari 30 menit hingga 2 jam yang melibatkan 2-3 mekanik bagian pemeliharaan. Lama proses penggantian bergantung pada tingkat kerusakan yang ada pada *bucket*. Semakin parah dan banyak *bucket* yang rusak, semakin lama proses penggantian. Apabila penggantian terlalu sering akan menggangu proses produksi dan biaya *maintenance* akan tinggi. Selain itu akan mengakibatkan biaya kehilangan produksi yang tinggi akibat mesin tidak berfungsi. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dibutuhkan penentuan waktu penggantian yang tepat.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Analisa Waktu Penggantian *Bucket* Pada *Bucket Elevator* M2202 Menggunakan Metode *Reliability* Di PT. Petrokimia Gresik”.

Sehingga bisa ditarik rumusan masalah berdasarkan identifikasi yaitu:

* Jadwal penggantian *bucket* yang masih belum ada sehingga penggantian dilakukan ketika mesin mengalami kerusakan atau jika terjadi *shutdown*.
* Termasuk dalam *critical equipment* sehingga jika terjadi kerusakan mengakibatkan terhentinya proses produksi.
* Proses penggantian yang terlalu sering mengakibatkan bertambahnya biaya perawatan.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

* Menentukan model waktu penggantian *bucket* pada *bucket elevator* M2202.
* Menentukan biaya akibat model waktu penggantian *bucket* pada *bucket elevator* M2202 .

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif dan. Jenis penelitian yang digunakan deskriptif karena pada penelitian ini mendeskripsikan/menjelaskan tingkat keandalan suatu komponen. Menurut Sugiono (2016) Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

Metode kuantitatif menerapkan perhitungan matematis untuk mengetahui tingkat keandalan suatu komponen menggunakan metode *reliability*. Pengambilan data berupa data kuantitas seperti data historis kerusakan *bucket elevator* M2202, biaya perawatan, waktu penggantian *bucket*, dan reliabilitas *bucket elevator* M2202. Kemudian data yang diperoleh di analisa untuk menemukan nilai keandalan dari komponen *bucket* sehingga pemodelan waktu penggantian *bucket* dapat ditemukan.

Waktu penelitian dilakukan pada tanggal 1 februari sampai dengan 31 maret 2019. Tempat penelitian di pabrik asam fosfat PT. Petrokimia Gresik Jalan A. Yani, Gresik.

**Rencana Penelitian**

Rencana penelitian ini dibuat dalam bentuk *flow chart* yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

**Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi :

* Data Primer

Data Primer adalah data yang diperoleh langsung dari subyek penelitian dengan mengenakan alat pengukuran atau alat pengambilan data langsung pada subjek sebagai sumber informasi yang dicari. data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya yang berupa wawancara, jajak pendapat dari individu atau kelompok (orang) maupun hasil observasi dari suatu obyek, kejadian atau hasil pengujian (benda).

* Wawancara/*Interview*

Melakukan pengambilan data dengan cara melakukan *interview* kepada narasumber atau mekanik suatu peralatan/mesin bidang produksi dan bidang perawatan (*maintenance*) secara langsung agar data yang didapat secara valid. Dari pengumpulan data primer dengan *interview* penulis mendapatkan data waktu produksi mesin perhari, jumlah produksi pada mesin perhari, berhentinya mesin pada saat proses produksi dan masalah-masalah yang terjadi pada saat kegiatan produksi.

* Observasi

Pengambilan data dengan cara melakukan observasi atau mengamati secara langsung pada proses produksi mesin *bucket elevator* M2202. Sehingga peneliti dapat mengetahui saat proses produksi mesin sedang beroperasi, jumlah mesin yang dapat digunakan untuk produksi, pemeliharaan mesin saat terjadi kerusakan.

* Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung yang diperoleh oleh peneliti dari subjek penelitiannya. Data Sekunder biasanya berwujud data dokumentasi atau data laporan yang telah tersedia. Data primer dan data sekunder, dapat pula digolongkan menurut jenisnya sebagai data kuantitatif yang berupa angka-angka dan data kualitatif. sumber-sumber data informasi yang dikumpulkan untuk menjadi dasar kesimpulan dari sebuah penelitian. Adapun data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian seperti data penggantian *bucket*, reliabilitas yang ditetapkan perusahaan, dan lain-lain.

**Analisa Data**

Analisa data waktu penggantian *bucket* menggunakan metode *reliability* untuk menentukankan keandalan dari komponen *bucket* pada *bucket elevator* M2202. Penentuan keandalan ini guna mengetahui pemodelan waktu dan biaya akibat penggantian komponen *bucket*. Usulan penggantian diharapkan mampu meningkatkan proses produksi semaksimal mungkin serta mengurangi biaya akibat pemeliharaan dan penggantian *bucket*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penilitian**

* **Data waktu antar kerusakan dan lama perbaikan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data mengenai waktu antar kerusakan dan lama perbaikan sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Waktu Antar Kerusakan dan Lama Perbaikan

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Tanggal kerusakan | Rentang Waktu Antar Kerusakan | Lama Perbaikan |
| 1 | 02 September 13 | 2 Hari | 60 Menit |
| 2 | 30 September13 | 28 Hari | 90 Menit |
| 3 | 02 Oktober 13 | 2 Hari | 90 Menit |
| 4 | 03 Oktober 13 | 1 Hari | 120 Menit |
| 5 | 15 Juli 14 | 285 Hari | 90 Menit |
| 6 | 17 Juli 14 | 2 Hari | 120 Menit |
| 7 | 16 Maret 16 | 242 Hari | 90 Menit |
| 8 | 05 September 16 | 173 Hari | 60 Menit |
| 9 | 11 Desember 16 | 97 Hari | 60 Menit |
| 10 | 29 Juni 17 | 200 Hari | 90 Menit |
| 11 | 25 Oktober 17 | 118 Hari | 60 Menit |
| 12 | 28 Desember 17 | 64 Hari | 60 Menit |
| 13 | 12 Juni 18 | 166 Hari | 60 Menit |
|  | Jumlah | 1380 | 1050 |

* **Penentuan Distribusi**

Sebelum menentukan jenis distribusinya kita harus menentukan varians (*S*) dan koefisien varians (δ) untuk dapat melihat jenis distribusi yang akan digunakan nanti. Data yang dipakai untuk menentukan (S) dan (δ) adalah data antar waktu kerusakan komponen *bucket* dan data lama perbaikan komponen *bucket*.

$S=\sqrt{\frac{1}{\overbar{N-1}} \sum\_{i=1}^{k}\left(x\_{i}- \overbar{x}\right)^{2}}$(1)

$S=\sqrt{\frac{119007,6923}{\overbar{13-1}} }$

$S= 99,58568$

$δ=\frac{s}{\overbar{x}}$ (2)

$$δ=\frac{99,58568}{\overbar{106,1538}}$$

$$δ=0,938126$$

$S=\sqrt{\frac{1}{\overbar{N-1}} \sum\_{i=1}^{k}\left(x\_{i}- \overbar{x}\right)^{2}}$(3)

$S=\sqrt{\frac{5660,946746}{\overbar{13-1}} }$

$S= 21,7197$

$δ=\frac{s}{\overbar{x}}$ (4)

$$δ=\frac{21,7197}{\overbar{80,76923}}$$

$$δ=0,268911$$

* **Pendugaan Parameter Distribusi**

Untuk menentukan parameter distribusi waktu antar kerusakan dan perbaikan menggunakan *software Statgraphics* 18 dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter Distribusi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Data | $$α$$ | $$β$$ |
| Waktu antar kerusakan | 0,60201 | 63,4231 |
| Lama perbaikan | 4,22576 | 88,6456 |

* **Padat probabilitas, Keandalan dan Laju kerusakan**

Dengan mengetahui nilai alpha dan beta dari pendugaan parameter diatas maka dapat ditentukan fungsi padat probabilitas, keandalan dan laju kerusakan sebagai berikut:

* Fungsi padat probabilitas dapat ditentukan dengan menggunakan *software excel* dengan *shape* parameter sesuai dengan hasil alpha dan beta waktu antar kerusakan.
* Keandalan ditentukan menggunakan rumus:

 $R\left(t\right)=exp^{-\left(\frac{t}{β}\right)^{α}}$ (5)

* Laju kerusakan dapat dihitung dengan rumus:

$λ\left(t\right)=αβ^{α}t^{α-1}$ (6)

* **Perhitungan MTTF dan MTTR**

MTTF (*Mean Time To Failure*) dan MTTR (*Mean Time To Repair*) dihitung menggunakan bantuan *software* Minitab 18 dengan nilai α : 0,60201 dan β : 63,4231 dapat ditentukan nilai MTTF : 113,981 Hari, sedangkan untuk MTTR nilai α : 4,22576 dan β : 88,6456 sehingga nilai MTTR : 80,7949 Menit (1,34 jam).

**Pembahasan**

* **Analisa Waktu Penggantian**

Setelah dilakukan pengumpulan data di PT. Petrokimia Gresik maka selanjutnya data diolah dan didapatkan hasil yang ditampilkan pada tabel di bawah.

Tabel 3. Hasil Analisa Waktu Penggantian

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Waktu antar kerusakan | Keandalan | Waktu antar kerusakan | Keandalan |
| 2 Hari | 0,921 | 2 Hari | 0,785 |
| 28 Hari | 0,882 | 242 Hari | 0,766 |
| 2 Hari | 0,852 | 173 Hari | 0,750 |
| 1 Hari | 0,827 | 97 Hari | 0,734 |
| 285 Hari | 0,805 | 200 Hari | 0,719 |
| 118 Hari | 0,705 |  |  |
| 64 Hari | 0,692 |  |  |
| 166 Hari | 0,680 |  |  |

* **Perhitungan Biaya Penggantian**

Biaya yang diperlukan meliputi biaya perawatan pencegahan dan biaya penggantian, biaya perawatan pencegahan (*Cm*) meliputi :

* Biaya tenaga kerja

Biaya yang dikeluarkan dalam pengerjaan penggantian *bucket elevator*, pada saat pelaksanaannya dibutuhkan 2 tenaga kerja. Gaji 1 tenaga kerja (Rp. 4.340.000/bulan : 24) = Rp. 180.800/hari. Maka biaya yang dikeluarkan tiap penggantian adalah 2 x 180.800 = Rp. 361.600

* Biaya suku cadang

Biaya suku cadang sebesar Rp. 632.500

* Kerugian perusahaan saat perbaikan

Keuntungan dari produksi asam fosfat sebesar Rp. 450/kg dimana dalam 1 jam dapat memproduksi 15 ton asam fosfat, jadi kerugian saat penggantian 450 x 15.000 kg = Rp. 6.750.000 sedangkan rata-rata waktu penggantian 80,76 menit (1,3 jam). Sehingga kerugian saat terjadi penggantian adalah 1,3 x 6.750.000 = Rp. 8.775.000

*Cost Maintenance* (*Cm*) = Rp. 361.600 + Rp. 632.500 Rp. 8.775.000 = Rp. 9.769.100

Dan biaya penggantian (*Cf*) dapat diketahui dari :

* Biaya tenaga kerja Rp. 361.600
* Biaya suku cadang Rp.632.500
* Kerugian perusahaan saat perbaikan
* Kerugian pada saat mesin tidak beroperasi, dimana dalam 1 jam dapat memproduksi 15 ton dengan harga Rp. 2.000/kg. sehingga biaya kerugian saat perbaikan 1,3 jam(15.000 kg x 2.000/kg) = Rp. 39.000.000

*Cost Failure* (*Cf*) = Rp. 361.600 + Rp. 632.500 + Rp.39.000.000 = Rp. 39.994.100

* **Hasil perhitungan Keandalan dan Biaya Perawatan**

Dengan nilai *Cm* = Rp. 9.769.100 dan *Cf* = Rp. 39.994.100 dan nilai keandalan dapat ditentukan model waktu penggantian *bucket*.

Tabel 4. Perhitungan Biaya Perawatan

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tp | Keandalan | Biaya (Rp) | Tp | Keandalan | Biaya (Rp) |
| 1 | 0,921 | 8.554.100 | 11 | 0,7058 | 1.272.700 |
| 2 | 0,882 | 3.541.700 | 12 | 0,6927 | 1.624.700 |
| 3 | 0,852 | 2.032.400 | 13 | 0,6803 | 1.913.100 |
| 4 | 0,827 | 1.364.800 |  |  |  |
| 5 | 0,805 | 1.021.300 |  |  |  |
| 6 | 0,785 | 839.000 |  |  |  |
| 7 | 0,766 | 755.900 |  |  |  |
| 8 | 0,750 | 750.300 |  |  |  |
| 9 | 0,734 | 823.500 |  |  |  |
| 10 | 0,719 | 992.400 |  |  |  |

**PENUTUP**

**Simpulan**

* Model waktu penggantian *bucket* pada *Bucket Elevator* M2202 adalah 173 hari (4.152 jam) dengan tingkat keandalan 0,750 dan biaya yang dibutuhkan saat penggantian pada model waktu tersebut sebesar Rp. 750.300
* Biaya pada model waktu penggantian *bucket* pada *bucket elevator* M2202 :
* Biaya perawatan pencegahan (*Cm*) sebesar Rp. 9.769.100
* Biaya penggantian karena kerusakan (*Cf*) sebesar Rp. 39.994.100

**Saran**

* Perusahaan melakukan perhitungan nilai keandalan (*reliability*) terhadap seluruh komponen *Bucket elevator* M2202, agar mengetahui keandalan tiap komponen sehingga dapat melakukan evaluasi terhadap produktivitas *bucket elevator* M2202.
* Peningkatan nilai keandalan (*reliability*) pada periode berikutnya diharapkan melibatkan semua bagian yang terkait di perusahaan dengan tujuan menekan nilai kerugian saat terhentinya proses produksi.
* Perlu adanya penelitian lanjutan terkait perhitungan nilai keandalan dari komponen-komponen lain pada *bucket elevator* M2202.

**DAFTAR PUSTAKA**

Bangun, Irawan Harnadi. 2014. *Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin Blowing Om*. Universitas Brawijaya.

Corder, Antony. 1996. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.

Daryus, Asyari. 2012. *Manajemen Perawatan Preventif Menggunakan Metode Kompleksitas Perbaikan*. Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka.

Ebeling, Charles E. 1997. *An Introduction to Reliability And Maintainability Engineering*. The McGraw-hill Companies.

Guntara, Randika Hadi. *Penentuan Interval Waktu Optimum Penggantian Komponen Apron Pada Mesin Ring Frame Lr Ax60 Menggunakan Metode Reliability di PT. Lotus Indah Textile Industries*. Jurnal Teknik Mesin UNESA. Jurnal Volume 1 No. 2. Januari 2013.

Kamdi, Abdullah Alkaff. 1992. *Teknik Keandalan Sistem*. Surabaya:Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Nugroho, Dimas Ari. *Penentuan Interval Waktu Optimum Penggantian Komponen Slot Screen Pada Mesin Pusher Centrifuge 0100M301B di PT. Petrokimia Gresik*. Jurnal Teknik Mesin UNESA. Jurnal Volume 1 No. 2. Januari 2013.

Nurato. 2015. *Perencanaan Perawatan Mesin Okuma HJ 28 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada Bagian Service Engineer*. Universitas Mercu Buana.

Praharsi, Yugowati. 2015. *Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Pt. Artha Prima Sukses Makmur*. Universitas Tarumanagara.

Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung:CV Alfabeta.

Taringan, Paulus. 2013. *Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Pada Pt. RXZ*. Universitas Sumatera Utara.

Utama, Firman Yasa. 2012. *Pemodelan Dan Simulasi Reliability Komponen Pesawat Terbang Tipe Boeing 737-300/-400 Di Pt. Merpati Nusantara Airlines*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.